

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-83071

(43)公開日 平成9年(1997)3月28日

(51)Int.Cl.⁶H01S 3/18
H01L 33/00

識別記号

府内整理番号

F I

H01S 3/18
H01L 33/00

技術表示箇所

B

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全6頁)

(21)出願番号

特願平7-231192

(22)出願日

平成7年(1995)9月8日

(71)出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72)発明者 虫上 雅人

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株

式会社内

(72)発明者 手銭 雄太

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株

式会社内

(72)発明者 村山 実

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株

式会社内

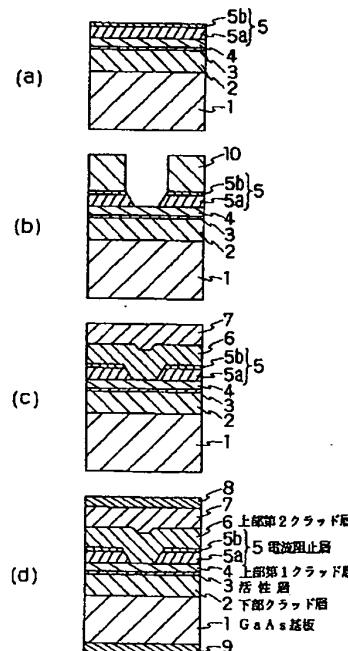
(74)代理人 弁理士 河村 利 (外2名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザの設計目的に応じて電流阻止層にどのような材料を用いたばあいでも、内部ストライプ型の電流阻止層の形成後にAlGaInPからなる第2クラッド層を再成長するばあいに良好な結晶がえられ、特性の優れた半導体レーザを提供する。

【解決手段】 半導体レーザを構成する上下クラッド層2、4、6、活性層3および電流阻止層5の少なくとも上部第2クラッド層6と接する部分が組成式: $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 < x \leq 1$: y は約0.5)で表される化合物半導体からなっていて、 x は、各層ごとに、上下クラッド層では $0 < x \leq 1$ 、活性層では $0 \leq x < 1$ 、電流阻止層の上部第2クラッド層と接する部分では $0 < x \leq 0.75$ の範囲内で所定値をとる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型のG a A s基板上に、第1導電型の下部クラッド層、活性層、第2導電型の上部第1クラッド層、ストライプ状の開口部を有する第1導電型の電流阻止層および第2導電型の上部第2クラッド層が、順次積層されてなり、前記下部クラッド層、活性層、上部第1および第2クラッド層および前記電流阻止層の少なくとも前記上部第2クラッド層と接する部分の各々が、組成式： $(A1_xG_{a_{1-x}})_yIn_{1-y}P$ （xは、下部および上部第1、第2クラッド層においては $0 < x \leq 1$ 、活性層においては $0 \leq x < 1$ 、電流阻止層の上部第2クラッド層と接する部分においては $0 < x \leq 0.75$ の各範囲内で層ごとに所定の値、yは約0.5）で表される化合物半導体で構成される半導体レーザ。

【請求項2】 前記xの値が、前記電流阻止層においての方が、前記活性層においてより大きい請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記電流阻止層の、組成式： $(A1_xG_{a_{1-x}})_yIn_{1-y}P$ （ $0 < x \leq 0.75$ 、yは約0.5）で表される部分が、300 Å以下の半導体層である請求項1または2記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記電流阻止層が、その層内にG a A sからなる半導体層を含んでなる請求項1、2または3記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体レーザに関する。さらに詳しくは、A 1 G a I n P系の化合物半導体材料を用いた可視光半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 化合物半導体材料を用いた半導体レーザは、基本的には、異なる組成を有する半導体層の積層によって製造されるが、その形状によって、途中何度か、エッティングなどの半導体結晶層成長工程以外の工程を挟む必要がある。その度に半導体ウエハを結晶成長炉から取り出さねばならないが、生産性の面から見て、その回数は少ないにこしたことはない。現在では3回の連続結晶成長工程、すなわち、最上半導体層を結晶成長し終えるまでに、途中2回ウエハを結晶成長炉から取り出すのが一般的であるが、2回の連続結晶成長工程のみで製作可能な半導体レーザが、たとえば、アイ・イー・イー・ジャーナル・オブ・クォンタム・エレクトロニクス（IEEE Journal of Quantum Electronics）27巻、第6号、1991年6月、1491～1496頁（以下、文献という）や、特開平4-218993号公報に記載されている。これらに記載された半導体レーザの代表的なものを図3および図4に示す。

【0003】 図3は、前記文献に記載されたもので、n型G a A s基板21の上に、n型A 1 G a I n Pクラッド層22、n型、p型またはノンドープのG a I n P活

性層23、p型A 1 G a I n Pクラッド層24、n型G a A s電流阻止層25が順次積層され、そのち、該電流阻止層25を貫通して前記クラッド層24の中程に至るストライプ状の溝が、これらの層をエッティングして形成され、さらにその上に、p型A 1 G a I n P光ガイド層26、p型A 1 G a I n Pクラッド層27、p型In G a P層28、p型G a A sコンタクト層29、Au Z n/Au電極30が、順次積層され、裏面にAuGe/Au電極31が設けられて、半導体レーザが構成されている。

【0004】 また、特開平4-218993号公報に記載された従来の半導体レーザの他の例を、図4に示す。この図4に記載された半導体レーザにおいては、n型G a A s基板41の上に、n型A 1 G a I n Pクラッド層42、G a I n P活性層43、p型A 1 G a I n Pクラッド層44、p型G a I n Pエッティングストップ層45、p型A 1 I n P閉じこめ層46、n型G a A s電流阻止層47が順次積層され、その後、該電流阻止層47と該閉じこめ層46とが表面からエッティングされ、前記エッティングストップ層45の表面に至るストライプ状の溝が形成される。さらにその上に、p型A 1 G a A s上部クラッド層48、p型G a A sキャップ層49、Cr/Au電極50が、順次積層され、裏面にAu/Ge/Ni電極51が設けられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このような従来の半導体レーザにおいては、電流阻止層として光吸収機能を有するエネルギー・バンドギャップが小さい材料であるG a A sなどを用いたばあいに、再成長時にP H₃ガスの

30 霧囲気の下で基板温度を上げるとG a A sの表面が劣化し、Pを含むA 1 G a I n Pの半導体結晶層を良好な結晶状態で再成長することができないという問題がある。

【0006】 また光吸収させないで光閉じこめ機能をもたせるためには、電流阻止層にA 1の混晶比の大きいもの、たとえばA 1 I n Pを使用することが望ましいが、後述する表2に示されるようにA 1の混晶比が大きいと、その上に再成長するA 1 G a I n Pの良好な結晶がえられず、半導体レーザを設計するばあいの自由度が制限されるという問題がある。

40 【0007】 本発明はこのような問題を解決し、半導体レーザの設計目的に応じて電流阻止層にどのような材料を用いたばあいでも、内部ストライプ型の電流阻止層の形成後にA 1 G a I n Pからなる第2クラッド層を再成長するばあいに良好な結晶がえられ、優れた特性がえられる半導体レーザを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明による半導体レーザは、第1導電型のG a A s基板上に、第1導電型の下部クラッド層、活性層、第2導電型の上部第1クラッド層、ストライプ状の開口部を有する第1導電型の電流阻

止層および第2導電型の上部第2クラッド層が、順次積層されてなり、前記下部クラッド層、活性層、上部第1および第2クラッド層および前記電流阻止層の少なくとも前記上部第2クラッド層と接する部分の各々が、組成式：(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P (xは、下部および上部第1、第2クラッド層においては0<x≤1、活性層においては0≤x<1、電流阻止層の上部第2クラッド層と接する部分においては0<x≤0.75の各範囲内で層ごとに所定の値、yは約0.5)で表される化合物半導体で構成される。

【0009】ここに第1導電型、第2導電型とは、n型またはp型のいずれか一方を第1導電型としたばあいに他方のp型またはn型が第2導電型であることを意味する。

【0010】また、電流阻止層においての方が活性層においてよりxの値が大きい、すなわち、Alの組成がより大きいものが、光を吸収させないで光閉じ込め機能をもたせるのに好ましい。

【0011】また、電流阻止層全体としての屈折率を残りの部分で調整しやすくするために、電流阻止層の、組成式：(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P (0<x≤0.75、yは約0.5)で表される部分が、300Å以下の半導体層であることが好ましい。

【0012】さらに、光吸収機能をもたせるという目的の点から、電流阻止層が、その層内にGaAsからなる半導体層を含んでいることが好ましい。

【0013】本発明の半導体レーザによれば、電流阻止層の少なくとも最上面が、組成式：(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}Pにおいて0<x≤0.75であるAl組成を有する半導体からなるという構造にしているため、電流阻止層をエッティングしたあと、その上に再成長されるエピタキシャル層の結晶性が優れ、また、その再成長半導体層中のAl組成もかなり自由に選べるものとなり、それによって、特性の優れた半導体レーザがえられる。

【0014】また、最上層の厚さを300Å以下とすることにより、電流阻止層全体の厚さの1/10以下となり、電流阻止層としての屈折率などに影響を及ぼすこともなく、半導体レーザを設計する際の自由度が広がる。

【0015】

【発明の実施の形態】つぎに、本発明の半導体レーザの一実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。図1

(a)～(d)は、本発明の半導体レーザの第1の実施の形態を、製造工程にしたがって示す断面説明図である。

【0016】図1(a)の工程では、第1導電型である、たとえばn型GaAs基板1の表面に、n型(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P (0.4≤s≤1.0、yは約0.5で、GaAs基板と格子整合がとれる比率である。以下、yの表示を省略する。)下部クラッド層2

(たとえば、s=0.5、キャリア濃度約1×10¹⁹/cm³、厚さ約1.2μm、Seドープ)、ノンドープまたはn型もしくはp型のAl_xGa_{1-x}InP (0≤u≤0.4、u<s)活性層3(たとえば、u=0、厚さ約0.07μm)、第2導電型である、たとえばp型Al_xGa_{1-x}InP上部第1クラッド層4(たとえば、s=0.5、キャリア濃度約1×10¹⁹/cm³、厚さ約0.2μm、Beドープ)、n型AlInP第1電流阻止層5a(たとえば、キャリア濃度2×10¹⁹/cm³、厚さ約0.3μm、Seドープ)、n型Al_xGa_{1-x}InP (0<t≤0.75)第2電流阻止層5b(たとえば、t=0.5、キャリア濃度約2×10¹⁹/cm³、厚さ約0.03μm、Seドープ)の各層を、MOVPE(有機金属気相エピタキシ：metal organic vapor phase epitaxy)法で、前記n型GaAs基板1に格子整合させて順次結晶成長させる。

【0017】本発明の半導体レーザは、上部第1クラッド層4と第1および第2電流阻止層5a、5bとがそのエネルギーバンドギャップが活性層3のエネルギー bandwidthより大きい材料で形成されている。そうすることにより上部第1クラッド層4や電流阻止層5における光の吸収を防止できるため、発光効率が上げることができる。エネルギー bandwidth ギャップの大きい材料としては、半導体としてAl_xGa_{1-x}InPを用いれば、Alの量すなわちxが大きい程エネルギー bandwidth ギャップが大きくなるため、調整できる。また活性層として前述のAl_xGa_{1-x}InPを用いるとき、AlInPなどのAlの混晶比の大きいものを使用することができる。

【0018】つぎに、図1(b)の工程では、この基板30を成長室から取り出し、フォトレジスト工程で、たとえば幅約3μmのマスクパターンを形成して、この幅で基板を表面からエッティングし、上部第1クラッド層4に達するストライブ状の溝を形成する。このとき、エッティング液として、たとえばHCl:H₂O=1:2(25°C)を使用し、約30秒エッティングする。なおエッティング液はこのHCl系の他に、HClとHNO₃とH₂Oの混合液でもよい。

【0019】本発明においては電流阻止層のAl組成が、上部第1クラッド層のAl組成より大きいため、表401に示すデータから分かるように、電流阻止層の選択エッティングが容易になる。

【0020】すなわち、表1に示す通り、このエッティング液によりエッティングされる電流阻止層5は、そのエッティングによって表面が露出する上部第1クラッド層に対しての選択比が10近くあるので、容易に、再現性よく、選択エッティングを行える。そのため、再現性がよく量産に適した構造の半導体レーザがえられる。

【0021】

【表1】

表 1

 $(Al_x Ga_{1-x})_{0.5} In_{0.5} P$ 系のエッティング速度 ($T = 25^\circ C$)

x	HCl : H_2O	1 : 1	1 : 2	1 : 4
0	600 $\text{Å}/\text{分}$	0 $\text{Å}/\text{分}$	0 $\text{Å}/\text{分}$	0 $\text{Å}/\text{分}$
0.2	1600 $\text{Å}/\text{分}$	60 $\text{Å}/\text{分}$	0 $\text{Å}/\text{分}$	0 $\text{Å}/\text{分}$
0.5	10800 $\text{Å}/\text{分}$	900 $\text{Å}/\text{分}$	150 $\text{Å}/\text{分}$	150 $\text{Å}/\text{分}$
0.75	5 μm 以上/分	8300 $\text{Å}/\text{分}$	1600 $\text{Å}/\text{分}$	1600 $\text{Å}/\text{分}$
1.0	5 μm 以上/分	5 μm 以上/分	12300 $\text{Å}/\text{分}$	12300 $\text{Å}/\text{分}$

【0022】つぎに、図1(c)の工程では、レジスト膜10の除去、洗浄を経て、この基板を再度MOCVD装置に導入し、p型 $Al_x Ga_{1-x} InP$ 上部第2クラッド層6(たとえば、 $s = 0.5$ 、キャリア濃度約 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 、厚さ $1.0 \mu\text{m}$ 、Beドープ)、p型 $GaAs$ キャップ層7(たとえば、キャリア濃度約 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 、厚さ約 $1.6 \mu\text{m}$)を全面に結晶成長する。

【0023】本発明者らは電流阻止層5上にエビタキシヤル成長される上部第2クラッド層6の結晶性を良好に*

*するため鋭意検討を重ねた結果、電流阻止層の Al 組成をある割合以下に限定することにより、その上に積層される $(Al_x Ga_{1-x}) InP$ が良好な状態で再成長されることを見出した。すなわち Al の組成(t および s)を変えたときの結晶性を調べた結果を表2に示すように、 $(Al_x Ga_{1-x}) InP$ 上への $(Al_x Ga_{1-x}) InP$ の再成長時の結晶性は $t \leq 0.75$ であれば使用可能で、さらに好ましくは $t \leq 0.5$ である。

【0024】

【表2】

表 2

 $(Al_t Ga_{1-t})_{0.5} In_{0.5} P$ 上への $(Al_s Ga_{1-s})_{0.5} In_{0.5} P$ 再成長の表面状態

t	再成長 s	0	0.2	0.5	0.75	1.0
0	○	○	○	○	○	○
0.2	○	○	○	○	○	○
0.50	○	○	○	○	△	
0.75	△	△	△	△	×	
1.0	×	×	×	×	×	×

○ 欠陥もなく、X線の半値幅も狭く結晶性がよい。

△ 欠陥は多少あるが、X線の半値幅は狭く結晶性はよい。

× 欠陥が多く、X線の半値幅が広く結晶性がわるい。

【0025】また、電流阻止層5の厚さは、キャリア濃度を高くすることにより、 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ と比較的薄くすることができ、段差を小さくすることができ再成長時に欠陥が入りにくい。また基板温度による付着量の変化が比較的小さいBeをp型ドーパントとして用いることによって、再現性よく、低動作電圧の素子を製作することができる。

【0026】さらに、本発明では、エッティング工程を途中で行ったあと、再成長工程時に、表面がすべて $AlGaInP$ 系の半導体で $GaAs$ 系の半導体がないので、フォスフィン(PH_3)ガス雰囲気下で基板温度を上げることができ、その際表面の劣化は起らず、良好な再成長を行うことができる。

【0027】なお、前述のp型ドーパントのBe供給用の有機金属としてビスマスメチルシクロヘキセンエニルベリ

リウム($CH_3C_6H_5$)₂Beを使用したばあい、たとえば、 $GaAs$ のエビ成長では、基板温度が、 $600 \sim 650^\circ C$ でもキャリア濃度はほとんど変化がなかった。これは、従来のように Zn をp型ドーパントとして使用するため、ジメチル亜鉛(DMZn)を使用したばあい、この温度帯でキャリア濃度は数分の一になるのに比して大幅に改善される。

【0028】最後に、図1(d)の工程では、前記n型 $GaAs$ 基板1を裏面から研磨し、図1(c)までの工程でこの基板1の表面に積層された半導体層を含んだ全体の厚さをほぼ $60 \mu\text{m}$ 程度とする。そのうち、この基板1の表面に、たとえば Ti/Au 、裏面に、たとえば $Au/Ge/Ni$ の積層体オーミック電極8、9をそれぞれ形成し、劈開してチップ化する。

【0029】つぎに、本発明の半導体レーザの第2の実

施の形態について図2を用いて説明する。この第2の形態における半導体レーザは、上述の第1の形態と、各層の厚さや組成に若干の相違はあっても、電流阻止層を構成する半導体層数の違いを除いて同じ断面構造を有しており、図2においては図1と対応する部分には同じ番号を用いている。

【0030】図2(a)の工程では、第1導電型である、たとえばn型GaAs基板1の表面に、n型(A₁,Ga_{1-s},In_s,P(0.4≤s≤1.0, yは約0.5で、GaAs基板と格子整合がとれる比率である。以下、yの表示を省略する。)下部クラッド層2(たとえば、s=0.5、キャリア濃度約1×10¹⁸/cm³、厚さ約1.2μm、Seドープ)、ノンドープまたはn型もしくはp型のA₁,Ga_{1-s},InP(0≤u≤0.4, u<s)活性層3(たとえば、u=0、厚さ約0.07μm)、第2導電型である、たとえばp型A₁,Ga_{1-s},InP上部第1クラッド層4(たとえば、s=0.5、キャリア濃度約1×10¹⁸/cm³、厚さ約0.2μm、Beドープ)、n型A₁,Ga_{1-s},InP(0<p≤0.75)第1電流阻止層5a(たとえばp=0.75、キャリア濃度約2×10¹⁸/cm³、厚さ約0.1μm、Seドープ)、n型GaAs第2電流阻止層5b(キャリア濃度約5×10¹⁸/cm³、厚さ約0.2μm、Seドープ)、n型A₁,Ga_{1-s},InP(0<q≤0.75)第3電流阻止層5c(たとえばq=0.5、キャリア濃度2×10¹⁸/cm³、厚さ約0.03μm、Seドープ)の各層を、MOVPE(有機金属気相エピタキシ: metal organic vapor phase epitaxy)法で、前記n型GaAs基板1に格子整合させて順次結晶成長させる。

【0031】つぎに、図2(b)の工程では、この基板を成長室から取り出し、フォトレジスト工程で、たとえば幅約4μmのマスクパターンを形成する。エッチング液として、たとえばHCl:H₂O=1:2(25°C)を使用し、約30秒エッチングして、第3電流阻止層5cを除去する。この液ではGaAsはエッチングできないので、つぎに、H₂SO₄系エッチング液を用いる。第2電流阻止層5bを除去したのち、再度、HCl:H₂O=1:2(25°C)を用いて20秒エッチングし、第1電流阻止層5aを選択的に除去する。

【0032】以下、第1の形態と同じ内容の工程(c)(d)にしたがって、半導体レーザをうる。この第2の実施形態においても、この(c)の工程で、上部第2クラッド層6を成長させるとき、表面にGaAsが露出しないでA₁,Ga_{1-s},InPで覆われているので、PH₃ガス雰囲気のもとで基板温度を上げることができ、半導体層表面の劣化が起こらない。そのため、良好な結晶成長層をうることができ。

【0033】

10 【発明の効果】本発明によれば、電流阻止層に光閉じ込め機能を有し、低動作電流の特性がえられるA₁InPなどのA₁の混晶比の多い材料を電流阻止層として用いる半導体レーザにおいても、A₁GaInP系半導体結晶を良好に再成長することができ、量産生が向上する。

【0034】さらに、適度な光吸収機能をもたせた反屈折率導波型の低ノイズ半導体レーザでも電流阻止層としてのGaAs上にA₁GaInP系材料を積層しているため、再成長時にGaAsが基板表面に露出せずPH₃ガス雰囲気の下で温度を上昇させても基板表面が荒れる

20 ことがなく良好な結晶を再成長することができる。その結果、発光部にA₁GaInP系半導体を用いた半導体レーザのばいにも、GaAsを電流阻止層に入れ、その上がA₁,Ga_{1-s},InP(0<q≤0.75)で覆われることにより、屈折率導波と利得導波の中間タイプの高性能な半導体レーザがえられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザの第1の実施の形態を製造工程にしたがって示す断面説明図である。

【図2】本発明の半導体レーザの第2の実施の形態を製造工程にしたがって示す断面説明図である。

【図3】従来の半導体レーザを示す断面説明図である。

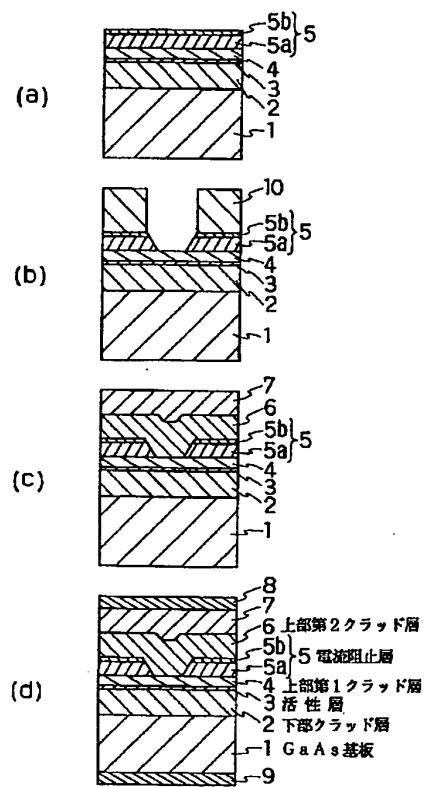
【図4】従来の他の半導体レーザを示す断面説明図である。

【符号の説明】

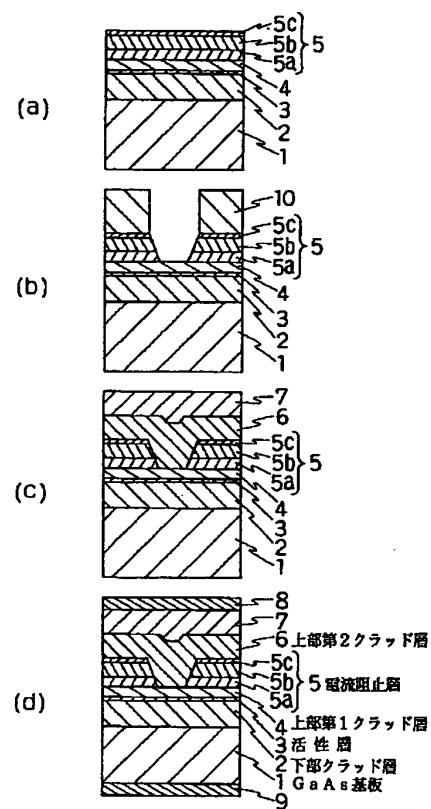
- 1 GaAs基板
- 2 下部クラッド層
- 3 活性層
- 4 上部第1クラッド層
- 5 電流阻止層
- 6 上部第2クラッド層

40

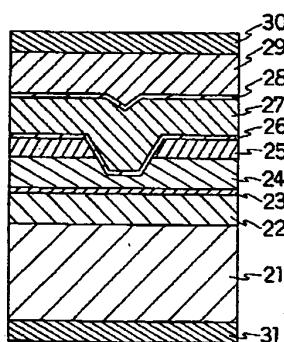
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

